


original article | UDC 619:619.661 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.29

THE INFLUENCE OF CADMIUM LOAD ON THE IMMUNE STATUS OF ORGANISM OF LAYING HENS

A. Y. Ostapyuk

ORCID  [0000-0002-4827-2318](https://orcid.org/0000-0002-4827-2318)

B. V. Gutyj*

ORCID  [0000-0002-5971-8776](https://orcid.org/0000-0002-5971-8776)

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 50, Pekarska str., Lviv, 79010

*Corresponding author

E-mail: E-mail: bvh@ukr.net

The aim of the study was to research the effect of cadmium sulfate at a dose of 2 and 4 mg/kg of body weight on the immune system of laying hens. Twenty-four Haysex white laying hens, 78 weeks of age, were selected from which three groups were formed: control and two experimental. The control group of hens was on a regular diet, fed with compound feed and drinking water without adding cadmium sulfate. For 30 days, cadmium sulfate was added to the drinking water of the hens in the experimental groups in the following doses: the first group – 2 mg/kg, the second group – 4 mg/kg of body weight. The keeping conditions and indoor microclimate parameters for all poultry groups were the same. During the experiment, the amount of feed and water consumed was calculated. While studying the values of cellular immunity indicators it was found that the number of T- and B- lymphocytes in the diseased poultry decreased throughout the experiment. On the 21st day of the experiment, the number of T-lymphocytes in the blood of hens in the first and second experimental groups decreased by 1.8 and 2.7 % ($P < 0.001$), the number of B-lymphocytes – by 2.2 and 2.9 % ($P < 0.01$). In case of cadmium load, the antimicrobial activity of the blood serum in laying hens decreased during the first days of the study, indicating a decrease in bactericidal and lysozyme activity of the blood serum in diseased poultry. On the 21st day of the experiment, the bactericidal activity of hens' blood serum in group D1 fluctuated within 71.4 ± 1.41 %, and lysozyme activity of the blood serum – within 5.35 ± 0.20 %. The lowest antimicrobial activity was established on the 21st and 30th days of the experiment, where, as compared with the initial values, bactericidal activity decreased by 15.5 and 14.4 %, and lysozyme activity – by 0.95 and 0.67 %. A high level of circulating immune complexes in the blood serum of laying hens indicates the inhibition of the organism immunologic response system due to the attachment of specific antibodies to metabolism products under cadmium load. The suppression of nonspecific element of the immune system is manifested by a decrease in the neutrophils phagocytic activity, a decrease in phagocytic value and phagocytic index. The lowest phagocytic value was registered on the 21st day of the experiment in the two experimental groups of hens, in which this indicator decreased by 16.6 % in the first experimental group and by 18.4 % in the second experimental group of hens as compared with the control group. On the 21st day of the experiment, phagocytic activity in the blood of hens of the second experimental group made 50.6 ± 1.46 %, which was 10.7 % lower than the values of the control group of hens.

Key words: laying hens, toxicology, heavy metals, cadmium, immune system.

ВПЛИВ КАДМІЄВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ІМУННИЙ СТАТУС ОРГАНІЗМУ КУРЕЙ-НЕСУЧОК*А. Ю. Остап'юк, Б. В. Гутий,*

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Метою роботи було дослідити вплив кадмію сульфату в дозі 2 і 4 мг/кг маси тіла на стан імунної системи організму курей-несучок. Було відібрано 24 курки-несучки кросу Хайсекс білий віком 78 тижнів, з яких сформували три групи: контрольну і дві дослідні. Кури контрольної групи перебували на звичайному раціоні, їм згодовували комбікорм та випоювали воду без внесення сульфату кадмію. До питної води курей дослідних груп протягом 30 днів додавали кадмію сульфат у дозах: перша група – 2 мг/кг, друга група – 4 мг/кг маси тіла. Умови утримання та параметри мікроклімату у приміщенні для всіх груп птиці були аналогічними. Впродовж дослідів обліковували кількість спожитого корму і води. При дослідженні величин показників клітинного імунітету встановлено, що у хворій птиці кількість Т- і В-лімфоцитів протягом усього дослідів знижувалася. На 21-у добу дослідів кількість Т-лімфоцитів у крові курей першої та другої дослідної групи знизилася на 1,8 і 2,7 % ($P < 0,001$), кількість В-лімфоцитів – на 2,2 і 2,9 % ($P < 0,01$). При кадмієвому навантаженні в курей-несучок антимікробна активність сироватки крові в першу добу дослідження знижувалася, про що свідчить зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові у хворій птиці. На 21-у добу дослідів бактерицидна активність сироватки крові у курей групи Д₁ коливалася в межах $71,4 \pm 1,41$ %, а лізоцимна активність сироватки крові – $5,35 \pm 0,20$ %. Найнижчу антимікробну активність встановлено на 21 і 30-у доби дослідів, де порівняно з початковими величинами бактерицидна активність знизилася на 15,5 і 14,4 %, а лізоцимна – на 0,95 і 0,67 %. Високий рівень циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові курей-несучок вказує на пригнічення імунореактивної системи організму внаслідок приєднання специфічних антитіл до продуктів метаболізму за умов кадмієвого навантаження. Пригнічення неспецифічної ланки імунної системи проявляється зниженням фагоцитарної активності нейтрофілів, зменшенням фагоцитарного числа та фагоцитарного індексу. Найнижчим фагоцитарне число було на 21-у добу дослідів у двох дослідних групах курей, де порівняно з контрольною групою курей цей показник знизився на 16,6 % у першій дослідній групі курей та на 18,4 % у другій дослідній групі курей. Фагоцитарна активність на 21-у добу дослідів у крові курей другої дослідної групи становила $50,6 \pm 1,46$ %, що на 10,7 % нижче відносно величин контрольної групи курей.

Ключові слова: кури-несучки, токсикологія, важкі метали, Кадмій, імунна система.

ВЛИЯНИЕ КАДМИЕВОЙ НАГРУЗКИ НА ИММУННЫЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА КУР-НЕСУШЕК*А. Ю. Остап'юк, Б. В. Гутий,*

Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий имени С. З. Гжицкого, г. Львов, Украина

Целью работы было исследовать влияние кадмия сульфата в дозе 2 и 4 мг/кг массы тела на состояние иммунной системы организма кур-несушек. Было отобрано 24 курицы-несушки кросса Хайсекс белый в возрасте 78 недель, из которых сформировали три группы: контрольную и две исследовательские. Куры контрольной группы находились на обычном рационе, им скармливали комбикорм и выпаивали воду без внесения сульфата кадмия. К питьевой воде кур опытных групп в течение 30 суток добавляли кадмия сульфат в дозах: первая группа – 2 мг/кг, вторая группа – 4 мг/кг массы тела. Условия содержания и параметры микроклимата в помещении для всех групп птицы были аналогичными. В течение опыта учитывали количество потребленного корма и воды. При исследовании показателей клеточного иммунитета установлено, что у больной птицы количество Т- и В-лимфоцитов в течение всего опыта снижалось. На двадцать первые сутки опыта количество Т-лимфоцитов в крови кур первой и второй опытной группы снизилось на 1,8 и 2,7 % ($P < 0,001$), количество В-лимфоцитов – на 2,2 и 2,9 % ($P < 0,01$). При кадмиевой нагрузке у кур-несушек антимикробная активность сыворотки крови в первые сутки исследования снижалась, на что указывает

уменьшение бактерицидной и лизоцимной активности сыворотки крови у больной птицы. На двадцать первые сутки опыта бактерицидная активность сыворотки крови у кур группы O_1 колебалась в пределах $71,4 \pm 1,41\%$, а лизоцимная активность сыворотки крови – $5,35 \pm 0,20\%$. Самую низкую антимикробную активность установлено на 21 и 30 сутки опыта, где по сравнению с исходными величинами, бактерицидная активность снизилась на 15,5 и 14,4 %, а лизоцимная – на 0,95 и 0,67 %. Высокий уровень циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови кур-несушек указывает на подавление иммунореактивной системы организма в результате присоединения специфических антител к продуктам метаболизма в условиях кадмиевой нагрузки. Подавление неспецифического звена иммунной системы проявляется снижением фагоцитарной активности нейтрофилов, уменьшением фагоцитарного числа и фагоцитарного индекса. Низким фагоцитарное число было на двадцать первый день опыта в двух исследовательских группах кур, где по сравнению с контрольной группой кур данный показатель снизился на 16,6 % в первой опытной группе кур и на 18,4 % во второй опытной группе кур. Фагоцитарная активность на двадцать первый день опыта в крови кур второй опытной группы составила $50,6 \pm 1,46\%$, что на 10,7 % ниже относительно величин контрольной группы кур.

Ключевые слова: куры-несушки, токсикология, тяжелые металлы, Кадмий, иммунная система.

Вступ

Кадмій – один з найбільш токсичних важких металів [2, 7]. Його відносять до другого класу небезпеки – високонебезпечні речовини [1, 11, 23]. Як і більшість інших важких металів, Кадмій має виражену тенденцію до накопичення в організмі: період його напіввиведення становить 10–35 років [12, 19]. Кадмій в організмі накопичується в нирках (30–60 % від усієї кількості) і печінці (20–25 %). Також Кадмій знаходять у підшлунковій залозі, селезінці, трубчастих кістках, інших органах і тканинах [8, 14].

Кадмій шкідливо впливає на життєві системи організму людини і тварин, спричиняючи патологічні зміни у тканинах і органах (нирки, легені, кісткова тканина, органи репродуктивної й ендокринної систем), пригнічуючи процес еритропоезу [13, 15, 18]. Порушення, зумовлені тривалим надходженням Кадмію в організм, визначаються рівнем нагромадження Cd^{2+} у клітинах і проявом кумулятивної токсичності [4, 6, 17]. Уразливість клітин до дії Кадмію значною мірою залежить від рівня експресії в них генів металозв'язувальних білків – металотіонеїнів [5, 9, 20].

Кадмій та його сполуки відносяться до імунотоксикантів, які призводять до порушень у функціонуванні імунної системи організму, знижують резистентність до інфекцій, сприяють формуванню алергічних, аутоімунних та онкологічних патологій [16, 21]. Особливістю біологічної дії Кадмію є його здатність негативно впливати на здоров'я тварин при тривалому впливі низьких рівнів забруднення через високий коефіцієнт біологічної кумуляції (до 40 років) [3, 10].

Саме тому метою роботи було дослідити вплив кадмієвого навантаження на імунний статус організму курей-несучок.

Матеріали і методи досліджень

Для досліду було відібрано 24 курки-несучки кросу Хайсекс білий віком 78 тижнів, з яких сформували три групи: контрольну і дві дослідні. Групи формувалися за принципом аналогів (вік і жива маса). Курей різних груп мітили стійкими органічними барвниками. Кури контрольної групи перебували на звичайному раціоні, їм згодовували комбікорм та випоювали воду без внесення сульфату кадмію. До питної води курей дослідних груп протягом 30 діб додавали кадмію сульфат у дозах: перша група – 2 мг/кг, друга група – 4 мг/кг маси тіла.

Умови утримання та параметри мікроклімату у приміщенні для всіх груп птиці були аналогічними. Впродовж досліду обліковували кількість спожитого корму і води.

Усі експериментальні втручання та забій тварин проводили з дотриманням вимог «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують для експериментальних та наукових цілей» (Страсбург, 1985) та ухвали Першого національного конгресу з біоетики (Київ, 2001).

Кров у курей-несучок відбирали з підкрильцевої вени в такі періоди: до початку задавання кадмію сульфату та на першу, сьому, чотирнадцяту, двадцять першу та тридцяту доби досліду.

Лизоцимну активність сироватки крові визначали з використанням як тест-мікроба добову культуру *Micrococcus lysodeicticus* штаму ВКМ-109 нефелометричним методом, оптичну густину вимірювали при довжині хвилі 540 нм. Бактерицидну активність у зразках сироватки крові досліджували за методом Ю. М. Маркова (1968) з використанням добової культури *E. coli* штаму ВКМ-125. Фотоколориметрування

проводили до та після 3-годинної інкубації [22]. Визначення вмісту циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові проводили з використанням боратного буферу. Вибіркова преципітація комплексів антиген-антитіло відбувалася під впливом високомолекулярного ПЕГ, масою 6000 Да. Облік результатів проводили шляхом фотоколориметрування щільності преципітату при довжині хвилі 450 нм [22]. Фагоцитарну реакцію нейтрофілів крові оцінювали за фагоцитарною активністю (ФА), фагоцитарним індексом (ФІ) та фагоцитарним числом (ФЧ) за методикою В. С. Гостева (1950). Стабілізовану кров інкубували з добовою культурою *E. coli* штаму ВКМ-125. Мазки досліджували під мікроскопом в імерсійній системі. ФА визначали за кількістю активних нейтрофілів зі 100 підрахованих клітин, ФІ – за кількістю фагоцитованих мікробних тіл одним активним нейтрофілом, ФЧ – за кількістю фагоцитованих мікробних тіл на 100 підрахованих нейтрофілів [22]. Визначення кількості Т-лімфоцитів здійснювали в реакції спонтанного розеткоутворення з еритроцитами барана за методикою, описаною в [22]. Для визначення В-лімфоцитів готували ЕАС-систему (еритроцити, сенсibilізовані антитілами й комплементом), шляхом додавання до еритроцитів барана гемолітичної сироватки [22].

Аналіз результатів досліджень проводили за допомогою пакету програм Statistica 6.0. Вірогідність різниць оцінювали за t-критерієм Стьюдента. Результати середніх значень вважали статистично вірогідними при * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$ (ANOVA).

Результати досліджень та їх обговорення

Імунітет (лат. *immunitas* – звільнення) – прояв, спрямований на збереження сталості внутрішнього середовища захисних реакцій організму проти генетично чужорідних речовин (антигенів). Основними клітинами імунітету, що здійснюють зв'язок і взаємодію всіх органів імунної системи, є лімфоцити. Вироблення Т-лімфоцитів і В-лімфоцитів є фізіологічним процесом, який перебігає і за відсутності антигенної стимуляції, але залежить від надходження стовбурових клітин з кісткового мозку. В-лімфоцити, включаючись у реакції імунної системи після контакту з антигеном, проліферують і диференціюються у плазматичні клітини, які продукують імуноглобуліни трьох класів (А, М і G), що є ефекторами гуморальної ланки імунітету. Одним з основоположних механізмів функціонування системи імунітету є взаємодія трьох типів клітин – макрофагів, Т- і В-лімфоцитів.

Важливе значення в патогенезі кадмієвого токсикозу має дослідження клітинного імунітету, представленого Т- і В-лімфоцитами. Результати досліджень клітинного імунітету у курей за умов навантаження кадмієм наведені в табл. 1.

1. Показники клітинного імунітету курей за кадмієвого навантаження ($M \pm t$, $n=8$)

Дослідні групи	До впоювання	Доби дослідження			
		7	14	21	30
Т-лімфоцити, %					
К	12,9±0,30	12,8±0,31	13,1±0,25	12,9±0,20	13,0±0,25
Д ₁	13,1±0,26	12,4±0,27*	11,5±0,24**	11,1±0,32***	11,9±0,28*
Д ₂	13,0±0,22	11,8±0,30**	10,7±0,32***	10,2±0,29***	11,1±0,35**
В-лімфоцити, %					
К	17,3±0,50	17,4±0,45	17,5±0,55	17,2±0,60	17,5±0,50
Д ₁	17,6±0,56	16,8±0,50	16,3±0,54*	15,0±0,51**	15,6±0,39*
Д ₂	17,5±0,60	16,0±0,45	15,0±0,62**	14,3±0,70**	14,9±0,43**

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$.

При дослідженні величин показників клітинного імунітету встановлено, що у хворої птиці кількість Т- і В-лімфоцитів протягом усього досліду знижувалася. У курей першої дослідної групи кількість Т-лімфоцитів на 7-у добу досліду знизилася на 0,4 %, а на 14-у добу досліду знизилася на 1,6 % порівняно з контрольною групою птиці. У подальшому кількість Т-лімфоцитів знову продовжувала знижуватися і найнижчою була на 21-у добу досліду в дослідній групі птиці Д₁, де відповідно вона становила 11,1±0,32 %. На 30-у добу досліду кількість Т-лімфоцитів у крові дослідної групи курей-несучок Д₁ дещо зросла, однак залишалася на низькому рівні.

При дослідженні кількості Т-лімфоцитів у птиці, якій впоювали з водою сульфат кадмію в дозі 4 мг/кг маси тіла встановлено зниження цього показника відповідно: на 7-у добу – на 1 %, на 14-у добу – на 2,4 %, на 21-у добу – на 2,7 % відносно величин контрольної групи курей. На 30-у добу досліду встановлено збільшення кількості Т-лімфоцитів, де порівняно з попередньою добою досліду кіль-

кість Т-лімфоцитів зростає на 0,9 %, однак залишалася на низькому рівні порівняно з показниками птиці контрольної групи.

При дослідженні кількості В-лімфоцитів встановлено, що на початку дослідження кількість лімфоцитів у крові дослідної птиці коливалася в межах $17,6 \pm 0,56$ – $17,5 \pm 0,60$ %. Після вживання з водою сульфату кадмію у крові курей-несучок відмічаємо зниження кількості В-лімфоцитів на 7-у добу дослідження відповідно на 0,6 % у крові дослідної групи Д₁ та на 1,4 % у крові дослідної групи курей Д₂ порівняно з контрольною групою. На 14-у добу дослідження кількість В-лімфоцитів продовжувала знижуватися у двох дослідних групах курей-несучок, однак варто відзначити, що при вживанні сульфату кадмію в дозі 4 мг/кг маси тіла, кількість В-лімфоцитів була значно нижчою, ніж у крові курей, яким вживали сульфат кадмію в дозі 2 мг/кг маси тіла. На 21-у добу дослідження кількість В-лімфоцитів у крові курей обох дослідних груп була найнижчою, де відповідно коливалась у межах $15,0 \pm 0,51$ – $14,3 \pm 0,70$ %.

Гуморальні фактори протиінфекційного захисту птиці є різні білки, розчинні у крові й рідинах організму. Вони можуть самі мати антимікробні властивості чи здатні активувати інші гуморальні і клітинні механізми проти інфекційного імунітету. Відомо, що гуморальний імунітет забезпечується специфічними макромолекулами, які функціонують у внутрішніх рідинах організму птиці.

Як видно з таблиці 2, при кадмієвому навантаженні у курей-несучок антимікробна активність сироватки крові у першу добу дослідження знижується, на що вказує зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові у хворої птиці. На 7-у добу дослідження бактерицидна активність сироватки крові курей-несучок дослідної групи Д₁ знизилася на 5,8 %, тоді як лізоцимна активність сироватки крові у вказаний період знизилася на 0,26 %.

2. Показники гуморального імунітету курей за кадмієвого навантаження ($M \pm m$, $n=8$)

Дослідні групи	До вживання	Доби дослідження			
		7	14	21	30
БАСК, %					
К	$86,7 \pm 1,30$	$86,9 \pm 1,22$	$87,3 \pm 1,32$	$86,8 \pm 1,35$	$87,1 \pm 1,29$
Д ₁	$86,9 \pm 1,35$	$81,1 \pm 1,20^*$	$75,2 \pm 1,39^{***}$	$71,4 \pm 1,41^{***}$	$72,5 \pm 1,38^{***}$
Д ₂	$87,2 \pm 1,36$	$78,3 \pm 1,46^{***}$	$72,3 \pm 1,50^{***}$	$68,1 \pm 1,23^{***}$	$70,3 \pm 1,42^{***}$
ЛАСК, %					
К	$6,26 \pm 0,20$	$6,31 \pm 0,22$	$6,27 \pm 0,20$	$6,30 \pm 0,22$	$6,29 \pm 0,25$
Д ₁	$6,30 \pm 0,23$	$6,05 \pm 0,30$	$5,76 \pm 0,15^*$	$5,35 \pm 0,20^{**}$	$5,63 \pm 0,35^*$
Д ₂	$6,25 \pm 0,21$	$5,74 \pm 0,15^*$	$5,43 \pm 0,30^{**}$	$5,05 \pm 0,24^{***}$	$5,46 \pm 0,30^{**}$
ЦІК, ммоль/л					
К	$32,3 \pm 1,7$	$32,2 \pm 1,4$	$32,4 \pm 1,6$	$32,3 \pm 1,4$	$32,4 \pm 1,5$
Д ₁	$32,4 \pm 1,5$	$34,3 \pm 1,5$	$36,9 \pm 1,7^*$	$40,6 \pm 1,5^{**}$	$39,4 \pm 1,2^{**}$
Д ₂	$32,2 \pm 1,4$	$35,2 \pm 1,6^*$	$38,4 \pm 2,0^*$	$41,6 \pm 1,8^{***}$	$39,7 \pm 1,6^{**}$

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$

У подальшому антимікробна активність сироватки крові курей-несучок, яким вживали сульфат кадмію в дозі 2 мг/кг маси тіла, продовжувала поступово знижуватися, що вказує на пригнічення фізіологічного стану гуморальної ланки імунітету. На 21-у добу дослідження бактерицидна активність сироватки крові в курей групи Д₁ досягала $71,4 \pm 1,41$ %, а лізоцимна активність сироватки крові – $5,35 \pm 0,20$ %. Найнижчу антимікробну активність встановлено на 21 і 30-у доби дослідження, де порівняно з початковими величинами, бактерицидна активність знизилася на 15,5 і 14,4 %, а лізоцимна – на 0,95 і 0,67 %.

У дослідній групі курей, яким вживали сульфат кадмію в дозі 4 мг/кг маси тіла на 7-у добу дослідження встановлено зниження бактерицидної активності сироватки крові на 8,6 % та лізоцимної активності сироватки крові на 0,57 % відносно контрольної групи курей-несучок. На 14-у добу дослідження бактерицидна активність сироватки крові курей дослідної групи Д₂ коливалась в межах $72,3 \pm 1,50$ %, а лізоцимна – $5,43 \pm 0,30$ %. На 21-у добу дослідження встановлено найнижчу антимікробну активність сироватки крові, на що вказує зниження бактерицидної активності сироватки крові на 15,4 % та лізоцимної активності сироватки крові на 1,25 % відносно контрольної групи курей.

За фізіологічних умов утворення та присутність циркулюючих імунних комплексів у рідинах є одним з проявів імунної відповіді організму птиці на надходження антигенів та важливим чинником, що забезпечує імунітет. Утворені імунні комплекси за цих умов деякий час циркулюють у лімфі і крові, після чого відбувається їх елімінація.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що рівень циркулюючих імунних комплексів у контрольній та двох дослідних групах на початку дослідження коливався в межах $32,2 \pm 1,4$ – $32,4 \pm 1,5$ ммоль/л. У курей, яким випоювали сульфат кадмію в меншій дозі, рівень циркулюючих імунних комплексів на 7-у добу дослідження зріс на 6,5 % відносно величин контрольної групи, а у курей, яким випоювали сульфат кадмію в дозі 4 мг/кг маси тіла, рівень досліджуваного показника відповідно зріс на 9,3 %. На 14-у добу дослідження рівень циркулюючих імунних комплексів у крові контрольної групи коливався в межах $32,4 \pm 1,6$ ммоль/л, у крові дослідної групи курей Д₁ – у межах $36,9 \pm 1,7$ ммоль/л, у крові дослідної групи курей Д₂ – в межах $38,4 \pm 2,0$ ммоль/л. На 21-у добу дослідження встановлено найвищий рівень циркулюючих імунних комплексів, де відповідно з контрольними величинами він зріс на 26 % у крові дослідної групи курей, яким випоювали сульфат кадмію в дозі 2 мг/кг маси тіла та на 29 % у крові дослідної групи курей, яким випоювали сульфат кадмію в дозі 4 мг/кг маси тіла. На 30-у добу дослідження рівень циркулюючих імунних комплексів почав дещо знижуватися, однак порівняно з контрольними величинами він залишався на високому рівні.

Поряд зі зниженням активності гуморального імунітету у птиці за кадмієвого навантаження встановлено пригнічення неспецифічної ланки імунної системи, що проявляється зниженням фагоцитарної активності нейтрофілів та зменшенням фагоцитарного числа (табл. 3).

Встановлено, що на початку дослідження фагоцитарна активність нейтрофілів та фагоцитарний індекс були в межах $61,1 \pm 1,40$ – $61,3 \pm 1,30$ % і $2,47 \pm 0,03$ – $2,51 \pm 0,02$ од. При навантаженні курей-несучок Кадмієм у дозі 2 мг/кг маси тіла на 7-у добу дослідження встановлено зниження фагоцитарної активності нейтрофілів та фагоцитарного індексу порівняно з початковими величинами на 2,6 і 2,4 %. У наступні періоди дослідження знову встановлено зниження показників неспецифічного імунітету, де найнижчими показниками були на 21-у добу дослідження. Відповідно фагоцитарна активність нейтрофілів знизилася на 9 %, а фагоцитарний індекс – на 14 %. На 30-у добу дослідження встановлено підвищення показників неспецифічного імунітету, однак порівняно з початком дослідження, вони були нижчими.

При навантаженні курей-несучок Кадмієм у дозі 4 мг/кг маси тіла встановлено, що на 7-у добу дослідження фагоцитарна активність нейтрофілів коливалася в межах $57,6 \pm 1,42$ %, тоді як у контрольній групі курей – $61,0 \pm 1,25$ %. На 14-у добу дослідження у другій дослідній групі курей-несучок фагоцитарна активність нейтрофілів знизилася на 5,5 % відносно величин контрольної групи курей. Найнижчою фагоцитарна активність була на 21-у добу дослідження, де відповідно становила $50,6 \pm 1,46$ %, що на 10,7 % нижче відносно величин контрольної групи курей.

При дослідженні фагоцитарного індексу у курей дослідної групи Д₂, встановлено на 7-у добу дослідження зниження цього показника на 6 % відносно величин контрольної групи курей. На 14-у добу дослідження фагоцитарний індекс у курей другої дослідної групи знову продовжував знижуватися й найнижчого рівня досяг на 21-у добу дослідження, де відповідно становив $2,02 \pm 0,04$ од.

Фагоцитарне число є ключовим показником при оцінці фагоцитарної активності нейтрофілів. Таку оцінку вважають важливим складником загальної характеристики імунного статусу, здатного порушуватися при різних запально-інфекційних ускладненнях.

3. Показники неспецифічного імунітету курей за кадмієвого навантаження ($M \pm m$, $n=8$)

Дослідні групи	До випоювання	Доби дослідження			
		7	14	21	30
Фагоцитарна активність, %					
К	$61,3 \pm 1,30$	$61,0 \pm 1,25$	$61,2 \pm 1,32$	$61,3 \pm 1,40$	$61,3 \pm 1,55$
Д ₁	$61,1 \pm 1,40$	$58,5 \pm 1,46$	$55,7 \pm 1,45^{**}$	$52,3 \pm 1,50^{***}$	$54,7 \pm 1,41^{**}$
Д ₂	$61,2 \pm 1,35$	$57,6 \pm 1,42^*$	$54,5 \pm 1,50^{**}$	$50,6 \pm 1,46^{***}$	$53,9 \pm 1,44^{**}$
Фагоцитарний індекс, од.					
К	$2,47 \pm 0,03$	$2,50 \pm 0,04$	$2,49 \pm 0,02$	$2,51 \pm 0,04$	$2,50 \pm 0,03$
Д ₁	$2,48 \pm 0,02$	$2,42 \pm 0,03$	$2,29 \pm 0,04^{***}$	$2,15 \pm 0,03^{***}$	$2,24 \pm 0,04^{***}$
Д ₂	$2,51 \pm 0,02$	$2,35 \pm 0,04^{**}$	$2,20 \pm 0,03^{***}$	$2,02 \pm 0,04^{***}$	$2,15 \pm 0,04^{***}$
Фагоцитарне число, од.					
К	$4,28 \pm 0,05$	$4,30 \pm 0,04$	$4,31 \pm 0,04$	$4,29 \pm 0,05$	$4,33 \pm 0,04$
Д ₁	$4,32 \pm 0,06$	$4,11 \pm 0,08^*$	$3,87 \pm 0,09^{**}$	$3,58 \pm 0,07^{***}$	$3,88 \pm 0,06^{**}$
Д ₂	$4,34 \pm 0,05$	$3,93 \pm 0,09^{**}$	$3,73 \pm 0,07^{**}$	$3,50 \pm 0,06^{***}$	$3,78 \pm 0,05^{**}$

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$.

Згідно з табл. 3, фагоцитарне число у курей-несучок контрольної та дослідних груп коливалось у межах $4,28 \pm 0,05$ – $4,34 \pm 0,05$ од. У подальшому фагоцитарне число зменшувалося в курей дослідних груп, починаючи з 7-ї доби досліду, так, у курей, які були навантажені Кадмієм у дозі 2 мг/кг маси тіла, фагоцитарне число знизилось на 4,9 %, а кури-несучки, які були навантажені Кадмієм у дозі 4 мг/кг маси тіла – на 9,4 % порівняно з контрольною групою курей. На 14-у добу досліду фагоцитарне число в дослідних групах курей коливалось в межах $3,73 \pm 0,07$ – $3,87 \pm 0,09$ од. Найнижчим фагоцитарне число було на 21-у добу досліду у двох дослідних групах курей, де порівняно з контрольною групою курей цей показник знизився на 16,6 % у першій дослідній групі курей та на 18,4 % у другій дослідній групі курей.

Висновки

Навантаження курей-несучок Кадмієм сприяло пригніченню імунної системи, на що вказує зниження її клітинної, гуморальної та неспецифічної ланки. Пригнічення клітинного імунітету супроводжувалося зменшенням кількості Т- і В-лімфоцитів у крові курей-несучок дослідних груп, що вказує про пригнічення лімфоїдної системи імунітету і зниження резистентності організму. Антимікробна активність сироватки крові протягом усього досліду знижувалася, на що вказує зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові у хворої птиці. Високий рівень циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові курей-несучок вказує на пригнічення імунореактивної системи організму внаслідок приєднання специфічних антитіл до продуктів метаболізму за умов кадмієвого навантаження. Пригнічення неспецифічної ланки імунної системи проявляється зниженням фагоцитарної активності нейтрофілів та зменшенням фагоцитарного числа.

Перспективи подальших досліджень. У перспективі планується провести дослідження щодо впливу Кадмію на стан антиоксидантного захисту організму курей-несучок.

References

1. Al-Azemi, M., Omu, F. E., Kehinde, E. O., Anim, J. T., Oriowo, M. A., & Omu, A.E. (2010). Lithium protects against toxic effects of cadmium in the rat testes. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 27 (8), 469–476. doi: 10.1007/s10815-010-9426-3.
2. Ali, M. M., Murthy, R. C., & Chandra, S. V. (1986). Developmental and longterm neurobehavioral toxicity of low-level in utero Cd exposure in rats. *Neurobehavioral Toxicology and Teratology*, 8 (5), 463–468.
3. Antoniuk, H. L., Biletska, L. P., & Babych, N. A. (2010). Kadmii v orhanizmi liudyny i tvaryn. Nadkhodzhenia do klityn i yikh akumulatsiia. *Biologichni Studii. Studia Biologica*, 4 (2), 127–140 [In Ukrainian].
4. El-Shahat, A. E., Gabr, A., Meki, A. R., & Mehana, E. S. (2009). Altered testicular morphology and oxidative stress induced by cadmium in experimental rats and protective effect of simultaneous green tea extract. *International Journal of Morphology*, 27 (3), 757–764. doi: 10.4067/S0717-95022009000300020.
5. Fregoneze, J. B., Marinho, C. A., Soares, T., Castro, L., Sarmiento, C., Cunha, M., Gonzalez, V., Oliveira, P., Nascimento, T., Luz, C. P., Santana, Jr. P., De-Oliveira, I. R., & e-Castro-e-Silva, E. (1997). Lead (Pb²⁺) and cadmium (Cd²⁺) inhibit the dipsogenic action of central beta-adrenergic stimulation by isoproterenol. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 30 (3), 419–423. doi: 10.1590/S0100-879X1997000300018.
6. Gutyj, B. V., Murs'ka, S. D., Gufrij, D. F., Hariv, I. I., Levkivs'ka, N. D., Nazaruk, N. V., Gajdjuk, M. B., Pryjma, O. B., Bilyk, O. Ja., & Guta, Z. A. (2016). Influence of cadmium loading on the state of the antioxidant system in the organism of bulls. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*, 24 (1), 96–102. doi: 10.15421/011611.
7. Hutyi, B. V. (2013). Vmist vitaminiv A i E u krovii bychkiv za umov kadmiievoi intoksykatsii. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya: Veterynarna Medytsyna*, 2, 31–33 [In Ukrainian].
8. Hutyi, B. V. (2013). Vplyv E-selenu na vmist vitaminiv A i E u krovii bychkiv za umov kadmiievoi intoksykatsii. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii im. Gzhytskoho*, 15, 3 (3), 311–314 [In Ukrainian].
9. Hutyi, B. V. (2013). Vplyv khlorydu kadmiuu u riznykh dozakh na aktyvnist aminotransferaz syrovatky krovii buhaitsiv. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii im. Gzhytskoho*, 15, 1 (1), 49–52 [In Ukrainian].
10. Lavryshyn, Y., & Gutyj, B. (2019). Protein synthesise function of bulls liver at experimental chronic cadmium toxicity. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (94), 92–96. doi: 10.32718/nvlvet9417.

11. Lavryshyn, Y., Gutyj, B., Palyadichuk, O., & Vishchur, V. (2018). Morphological blood indices of bulls in experimental chronic cadmium toxicosis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20 (88), 108–114. doi: 10.32718/nvlvet8820.
12. Lavryshyn, Y., Gutyj, B., Paziuk, I., Levkivska, N., Romanovych, M., Drach, M., & Lisnyak, O. (2019). The effect of cadmium loading on the activity of the enzyme link of the glutathione system of bull organism. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (95), 107–111. doi: 10.32718/nvlvet9520.
13. Liu, J., Qian, S. Y., Guo, Q., Jiang, J., Waalkes, M. P., Mason, R. P., & Kadiiska, M. B. (2008). Cadmium generates reactive oxygen- and carbon-centered radical species in rats: Insights from in vivo spin-trapping studies. *Free Radical Biology and Medicine*, 45 (4), 475–481. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2008.04.041.
14. Lu, J., Jin, T., Nordberg, G., & Nordberg, M. (2005). Metallothionein gene expression in peripheral lymphocytes and renal dysfunction in a population environmentally exposed to cadmium. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 206 (2), 150–156. doi: 10.1016/j.taap.2004.12.015.
15. Melnychuk, D. O., Melnykova, N. M., & Derkach, Ye. A. (2004). Vikovi osoblyvosti kumulatsii kadmiu v orhanakh otruienykh shchuriv i zminy pokaznykiv kyslotnoluzhnoho stanu krovi za riznykh umov antyoksydantnoho zakhystu orhanizmu. *Ukrainskyi Biokhimichnyi Zhurnal*, 95–99 [In Ukrainian].
16. Nazaruk, N., Gutyj, B. V., & Hufriy, D. (2015). Influence of metifen and vitamix se on the activity of aminotransferases of bulls blood serum at cadmium nitrate loading. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 17 (1), 121–126 [In Ukrainian].
17. Ostapyuk, A. Y., & Gutyj, B. V. (2018). Influence of cadmium loading on morphological parameters of blood of the laying hens. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20 (88), 48–52. doi: 10.32718/nvlvet8808.
18. Peng, L., Wang, X., Huo, X., Xu, X., Lin, K., Zhang, J., Huang, Y., & Wu, K. (2015). Blood cadmium burden and the risk of nasopharyngeal carcinoma: a case-control study in Chinese Chaoshan population. *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (16), 12323–12331. doi: 10.1007/s11356-015-4533-4.
19. Rodríguez, E. M., Bigi, R., Medesani, D. A., Stella, V. S., Greco, L. S. L., Moreno, P. A. R., Monserrat, J. M., Pellerano, G. N., & Ansaldo, M. (2001). Acute and chronic effects of cadmium on blood homeostasis of an estuarine crab, *Chasmagnathus granulata*, and the modifying effect of salinity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 34 (4), 509–518.
20. Salvatori, F., Talassi, C. B., Salzgeber, S. A., Sipinosa, H. S., & Bernardi, M. M. (2004). Embryotoxic and long-term effects of cadmium exposure during embryogenesis in rats. *Neurotoxicology and Teratology*, 26 (5), 673–680. doi: 10.1016/j.ntt.2004.05.001.
21. Uetani, M., Kobayashi, E., Suwazono, Y., Okubo, Y., Honda, R., Kido, T., & Nogawa, K. (2005). Selenium, cadmium, zinc, copper, and iron concentrations in heart and aorta of patients exposed to environmental cadmium. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 75 (2), 246–250. doi: 10.1007/s00128-005-0744-6.
22. Vlizlo, V. V. (2012). *Laboratorni metody doslidzhen u biolohiyi, tvarynnytstvi ta veterynarniy medytsyni*. Spolom, Lviv [In Ukrainian].
23. Vorozhenko, V. V., Skalskyi, Yu. M. (2011). Hihienichna otsinka ryzykiv vplyvu neradiatsiinykh antropohennykh chynnykiv na stan zdorovia naselennia Ukrainy. *Odeskyi Medychnyi Zhurnal*, 5 (127), 4–8 [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 24.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Остап'юк А. Ю., Гутий Б. В. Вплив кадмієвого навантаження на імунний статус організму курей-несучок. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 252–259.

© Остап'юк Андрій Юрійович, Гутий Богдан Володимирович, 2020